

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-241790

(43)公開日 平成9年(1997)9月16日

(51)Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	序内整理番号	F I	技術表示箇所
C 22 C 38/00	301		C 22 C 38/00	301 A
C 21 D 8/02		9270-4K	C 21 D 8/02	B
C 22 C 38/06			C 22 C 38/06	
38/38			38/38	

審査請求 未請求 請求項の数14 FD (全 10 頁)

(21)出願番号 特願平8-78100	(71)出願人 新日本製鐵株式会社 東京都千代田区大手町2丁目6番3号
(22)出願日 平成8年(1996)3月7日	(72)発明者 河野 治 大分県大分市大字西ノ洲1番地 新日本製 鐵株式会社大分製鐵所内
	(72)発明者 脇田 淳一 大分県大分市大字西ノ洲1番地 新日本製 鐵株式会社大分製鐵所内
	(72)発明者 阿部 博 大分県大分市大字西ノ洲1番地 新日本製 鐵株式会社大分製鐵所内
	(74)代理人 弁理士 萩原 康弘 (外1名)

(54)【発明の名称】 熱延連続化プロセスによる耐久疲労性に優れた低降伏比型熱延高強度鋼板およびその製造方法

(57)【要約】

【課題】 本発明は、耐久疲労性(疲労限度比)に優れた低降伏比型熱延高強度鋼板の先・後端部での材質の向上を図ると共に、これによってコイル内材質のバラツキの解消を図ることを目的とするものである。

【解決手段】 特定の化学組成を有し、フェライトとマルテンサイトで構成され、フェライト占積率が70%以上であり、かつ、コイル内のその占積率変動が10%以内であるミクロ組織を有し、降伏比YR(%)が70以下であり、かつ、コイル内のYRの変動が10未満、引張強さTS(kgf/mm<sup>2</sup>)の変動が10未満であることを特徴とする熱延連続化プロセスにより製造した耐久疲労性に優れた低降伏比型熱延高強度鋼板およびその製造方法。

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 重量で、

C : 0. 05~0. 15%

Si : 0. 1~1. 5%

Mn : 0. 5~2. 0%

P ≤ 0. 020%

S ≤ 0. 010%

とA1を含み、残部Feおよび不可避的成分からなり、フェライトとマルテンサイトで構成され、フェライト占積率が70%以上であり、かつ、コイル内のその占積率変動が10%以内であるミクロ組織を有し、降伏比YR(%)が70以下であり、かつ、コイル内のYRの変動が10未満、引張強さTS(kgf/mm<sup>2</sup>)の変動が10未満であることを特徴とする熱延連続化プロセスにより製造した耐久疲労性に優れた低降伏比型熱延高強度鋼板。

【請求項2】 重量で、

C : 0. 05~0. 15%

Mn : 0. 5~2. 0%

P ≤ 0. 020%

S ≤ 0. 010%

Cr : 0. 01~0. 30%

とA1を含み、残部Feおよび不可避的成分からなり、フェライトとマルテンサイトで構成され、フェライト占積率が70%以上であり、かつ、コイル内のその占積率変動が10%以内であるミクロ組織を有し、降伏比YR(%)が70以下であり、かつ、コイル内のYRの変動が10未満、引張強さTS(kgf/mm<sup>2</sup>)の変動が10未満であることを特徴とする熱延連続化プロセスにより製造した耐久疲労性に優れた低降伏比型熱延高強度鋼板。

【請求項3】 重量で、

C : 0. 05~0. 15%

Si : 0. 1~1. 5%

Mn : 0. 5~2. 0%

P ≤ 0. 020%

S ≤ 0. 010%

Cr : 0. 01~0. 30%

とA1を含み、残部Feおよび不可避的成分からなり、フェライトとマルテンサイトで構成され、フェライト占積率が70%以上であり、かつ、コイル内のその占積率変動が10%以内であるミクロ組織を有し、降伏比YR(%)が70以下であり、かつ、コイル内のYRの変動が10未満、引張強さTS(kgf/mm<sup>2</sup>)の変動が10未満であることを特徴とする熱延連続化プロセスにより製造した耐久疲労性に優れた低降伏比型熱延高強度鋼板。

【請求項4】 重量で、

C : 0. 05~0. 15%

Si : 0. 1~1. 5%

Mn : 0. 5~2. 0%

P ≤ 0. 020%

S ≤ 0. 010%

Cr : 0. 01~0. 30%

とA1を含み、これに加えてCa : 0. 0005~0. 0050%、REM : 0. 005~0. 015%のうち何れか1種または2種が添加され、残部Feおよび不可避的成分からなり、フェライトとマルテンサイトで構成され、フェライト占積率が70%以上であり、かつ、コイル内のその占積率変動が10%以内であるミクロ組織を有し、降伏比YR(%)が70以下であり、かつ、コイル内のYRの変動が10未満、引張強さTS(kgf/mm<sup>2</sup>)の変動が10未満であることを特徴とする熱延連続化プロセスにより製造した耐久疲労性に優れた低降伏比型熱延高強度鋼板。

【請求項5】 重量で、

C : 0. 05~0. 15%

Si : 0. 1~1. 5%

Mn : 0. 5~2. 0%

P ≤ 0. 020%

S ≤ 0. 010%

とA1を含み、これに加えてCa : 0. 0005~0. 0050%、REM : 0. 005~0. 015%のうち何れか1種または2種が添加され、残部Feおよび不可避的成分からなり、フェライトとマルテンサイトで構成され、フェライト占積率が70%以上であり、かつ、コイル内のその占積率変動が10%以内であるミクロ組織を有し、降伏比YR(%)が70以下であり、かつ、コイル内のYRの変動が10未満、引張強さTS(kgf/mm<sup>2</sup>)の変動が10未満であることを特徴とする熱延連続化プロセスにより製造した耐久疲労性に優れた低降伏比型熱延高強度鋼板。

【請求項6】 重量で、

C : 0. 05~0. 15%

Mn : 0. 5~2. 0%

P ≤ 0. 020%

S ≤ 0. 010%

Cr : 0. 01~0. 30%

とA1を含み、これに加えてCa : 0. 0005~0. 0050%、REM : 0. 005~0. 015%のうち何れか1種または2種が添加され、残部Feおよび不可避的成分からなり、フェライトとマルテンサイトで構成され、フェライト占積率が70%以上であり、かつ、コイル内のその占積率変動が10%以内であるミクロ組織を有し、降伏比YR(%)が70以下であり、かつ、コイル内のYRの変動が10未満、引張強さTS(kgf/mm<sup>2</sup>)の変動が10未満であることを特徴とする熱延連続化プロセスにより製造した耐久疲労性に優れた低降伏比型熱延高強度鋼板。

【請求項7】 重量で、

C : 0.05~0.15%  
 Si : 0.1~1.5%  
 Mn : 0.5~2.0%  
 P ≤ 0.020%  
 S ≤ 0.010%

とA1を含み、残部Feおよび不可避的成分からなる鋼片を、熱延連続化プロセスにより820~900°Cで仕上圧延を終了し、30°C/sec以上の冷却速度で760~600°Cの温度域まで冷却し、この温度域で3~15秒の間空冷または保持した後、この温度域から200°C以下の温度域まで30°C/sec以上の冷却速度で冷却することによって、フェライトとマルテンサイトの複合組織を生成させることを特徴とする熱延連続化プロセスによる耐久疲労性に優れた低降伏比型熱延高強度鋼板の製造方法。

【請求項8】 重量で、

C : 0.05~0.15%  
 Si : 0.1~1.5%  
 Mn : 0.5~2.0%  
 P ≤ 0.020%  
 S ≤ 0.010%

とA1を含み、残部Feおよび不可避的成分からなる鋼片を1170°C以下に加熱し、熱延連続化プロセスにより820~900°Cで仕上圧延を終了し、30°C/sec以上の冷却速度で760~600°Cの温度域まで冷却し、この温度域で3~15秒の間空冷または保持した後、この温度域から200°C以下の温度域まで30°C/sec以上の冷却速度で冷却することによって、フェライトとマルテンサイトの複合組織を生成させることを特徴とする熱延連続化プロセスによる耐久疲労性に優れた低降伏比型熱延高強度鋼板の製造方法。

【請求項9】 重量で、

C : 0.05~0.15%  
 Mn : 0.5~2.0%  
 P ≤ 0.020%  
 S ≤ 0.010%  
 Cr : 0.01~0.30%

とA1を含み、残部Feおよび不可避的成分からなる鋼片を、熱延連続化プロセスにより820~900°Cで仕上圧延を終了し、30°C/sec以上の冷却速度で760~600°Cの温度域まで冷却し、この温度域で3~15秒の間空冷または保持した後、この温度域から200°C以下の温度域まで30°C/sec以上の冷却速度で冷却することによって、フェライトとマルテンサイトの複合組織を生成させることを特徴とする熱延連続化プロセスによる耐久疲労性に優れた低降伏比型熱延高強度鋼板の製造方法。

【請求項10】 重量で、

C : 0.05~0.15%  
 Si : 0.1~1.5%

Mn : 0.5~2.0%

P ≤ 0.020%

S ≤ 0.010%

Cr : 0.01~0.30%

とA1を含み、残部Feおよび不可避的成分からなる鋼片を、熱延連続化プロセスにより820~900°Cで仕上圧延を終了し、30°C/sec以上の冷却速度で760~600°Cの温度域まで冷却し、この温度域で3~15秒の間空冷または保持した後、この温度域から200°C以下の温度域まで30°C/sec以上の冷却速度で冷却することによって、フェライトとマルテンサイトの複合組織を生成させることを特徴とする熱延連続化プロセスによる耐久疲労性に優れた低降伏比型熱延高強度鋼板の製造方法。

【請求項11】 重量で、

C : 0.05~0.15%  
 Si : 0.1~1.5%  
 Mn : 0.5~2.0%  
 P ≤ 0.020%  
 S ≤ 0.010%  
 Cr : 0.01~0.30%

とA1を含み、残部Feおよび不可避的成分からなる鋼片を1170°C以下に加熱し、熱延連続化プロセスにより820~900°Cで仕上圧延を終了し、30°C/sec以上の冷却速度で760~600°Cの温度域まで冷却し、この温度域で3~15秒の間空冷または保持した後、この温度域から200°C以下の温度域まで30°C/sec以上の冷却速度で冷却することによって、フェライトとマルテンサイトの複合組織を生成させることを特徴とする熱延連続化プロセスによる耐久疲労性に優れた低降伏比型熱延高強度鋼板の製造方法。

【請求項12】 請求項7ないし請求項11の何れか1項に記載の鋼が重量%で、さらに

Ca : 0.0005~0.0050%  
 REM : 0.005~0.015%

のうち何れかを含有することを特徴とする熱延連続化プロセスによる耐久疲労性に優れた低降伏比型熱延高強度鋼板の製造方法。

【請求項13】 請求項7ないし請求項12の何れか1項に記載の仕上圧延機での平均仕上圧延速度を300m/min超、かつコイル内仕上圧延速度差を100m/min未満としたことを特徴とする熱延連続化プロセスによる耐久疲労性に優れた低降伏比型熱延高強度鋼板の製造方法。

【請求項14】 請求項7ないし請求項13の何れか1項に記載の仕上圧延機でのコイル内仕上圧延温度差を100°C未満としたことを特徴とする熱延連続化プロセスによる耐久疲労性に優れた低降伏比型熱延高強度鋼板の製造方法。

【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、熱延連続化プロセスによる耐久疲労性（疲労限度比）に優れた低降伏比型熱延高強度鋼板の製造方法に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】近年、自動車業界においては、搭乗者の安全性の確保、車体重量の軽減、燃費の向上を目的に高強度鋼板（ハイテン）の需要が増加している。このような用途において通常鋼板は冷間成形工程を経て製品となるのでハイテンの高い強度特性と共に優れた冷間加工性が強く求められている。この要望を満たす方法としては、金属組織をフェライト（ $\alpha$ ）相とマルテンサイト相の分散混合した複合組織（Dual Phase）とする方法が行われている。

【0003】これにより、冷間加工性に必要な低歪み領域の歪みは軟質のフェライト相で受け持ち、他方高歪み領域の強度は硬質マルテンサイト相（硬質第2相）から得ている。その結果、降伏点が低く、強度-伸びバランスが良好なハイテンを得ている。例えば、特公昭56-54371号公報および特公昭61-11291号公報による提案は、これ等を提供するものである。しかしながら、これ等の鋼板を板厚低減による重量軽減を目的に、乗用車のホイールディスク等に使用すると、安定して高い耐久疲労性が得られず、前記したハイテンにさらに必要な特性として安定して高い耐久疲労性が強く求められている。

【0004】従来の鋼板は、耐久疲労性を示す両振の平面曲げによる疲労試験（繰返速度=3000cpm）の疲労限度比=  $\sigma_w / \sigma_B$  [  $\sigma_B$  : 引張強さ、  $\sigma_w$  : 疲労限度（疲れ限度、  $1 \times 10^7$  サイクル） ] が0.4～0.5で安定して0.5を超えることはなかった。この理由は、耐久疲労性が表面性状およびミクロ組織の種類と大きさの影響を受けるのに対し、従来これ等のバランスを最良の状態に制御する技術がなかったことにあり、そのため安定して高いレベルの耐久疲労性が得られなかった。このようなことから本発明者らは、特公平7-74377号でこれらの問題点の解決を図り、疲労限度比=  $\sigma_w / \sigma_B$  が0.52以上の優れた耐久疲労性を有するハイテンの製造方法を提供し、鋼板の品質特性を改善するという初期の目的を達成することを行った。

【0005】しかし従来の鋼板の連続熱間圧延は、スラブ毎での圧延を行うため鋼板の先端部と後端部は、鋼板が仕上圧延機を出た後に巻取られるまでの間ににおいては、無張力状態のいわゆる、非定常部とならざるを得なかった。このため、この部分に該当する鋼板は擦り傷、形状不良、板幅不良、板厚不良等の鋼板表面品位および形状品位の劣化は避けられなかった。また、上記形状品位の変化は鋼板の材質についても大きく影響し、冷却時の冷却むらにより機械的性質（引張特性等）が大きく変動（バラツキ）し、定常部分に比し良好な鋼板が得られ

なかった。そのため、不良部分の除去により鋼板歩留りの低下と共に、精整通板を必要とする等の作業付加があった。

【0006】さらに材質については、通板性等の操業上の観点から、コイル（圧延された鋼板はスラブ単位に仕上圧延後は巻取機によって巻取られてコイル状となるので、以下単にコイルと称す）長手方向（圧延方向）で圧延速度が異なるため、單一コイル内の定常部であっても圧延速度等の熱延条件が変化し、機械的性質の変動を生じていた。このような状況下において、近年複数の粗圧延後のシートバー（以下、粗バーと称す）を順次接合して、連続して所定の速度で熱間圧延処理する、いわゆる熱延連続化プロセスが試みられている。

【0007】この熱延連続化プロセスは、一般に、粗バーを供給する工程、この粗バーの先端と後端を切断する工程、走行しながら先行粗バーの後端部と、後行粗バーの先端部を、各々クランプして突き合わせて接合する工程、複数のスタンドで粗バーを所定の圧延スケジュールで、所定のサイズに仕上げる熱延仕上圧延工程、熱間仕上圧延工程を出た鋼板を冷却し巻取る工程、熱間仕上圧延工程と巻取り工程との間にあって、鋼板を所定の重量または長さ単位で切断する走間切断分割工程とから構成されている。

【0008】このための粗バーの接合方法としては、各種の提案がなされており、例えば、特開平4-288906号公報には、先行材と後行材の端面接触領域を幅方向の少なくとも両端部域となるよう切断加工を施し、加熱と搬送速度を調整し両縁部近傍に圧縮応力を発生させて相互に密着させることが開示されており、また、特開平5-104107号公報では、先行材と後行材の端面幅方向両端部同士を圧延前に熱間溶接した後、幅方向中央の未接合部を圧延によって熱間圧接する方法が提案されている。また、特公平5-62035号公報では、長手方向で先行圧延材の後端部と後行圧延材の先端部を重ね合わせて切断し、切断面に直角に圧縮力を加えることにより、新生面同士の結合領域を拡げスケールの除去なしで両金属板を溶着し、厚み方向で全面接触して強固に結合する方法が提案されている。

## 【0009】

【発明が解決しようとする課題】本発明は上記熱延連続化プロセスを手段として用い、前記した圧延鋼板の先・後端部（非定常部）での材質品位等の向上と定常部での材質バラツキの低減を図り、これによってコイル内の材質のバラツキの解消を図ることを目的とした耐久疲労性に優れた低降伏比型熱延高強度鋼板およびその製造方法を提供することにある。

## 【0010】

【課題を解決するための手段】本発明は上記課題を解決するためになされたものでその代表的手段は、下記の通りである。

(1) 重量で、C : 0.05~0.15%、Si : 0.1~1.5%、Mn : 0.5~2.0%、P ≤ 0.02%、S ≤ 0.010%とA1を含み、残部Feおよび不可避的成分からなり、フェライトとマルテンサイトで構成され、フェライト占積率が70%以上であり、かつ、コイル内のその占積率変動が10%以内であるミクロ組織を有し、降伏比YR(%)が70以下であり、かつ、コイル内のYRの変動が10未満、引張強さTS(kgf/mm<sup>2</sup>)の変動が10未満であることを特徴とする熱延連続化プロセスにより製造した耐久疲労性に優れた低降伏比型熱延高強度鋼板。

【0011】(2) 重量で、C : 0.05~0.15%、Mn : 0.5~2.0%、P ≤ 0.020%、S ≤ 0.010%、Cr : 0.01~0.30%とA1を含み、残部Feおよび不可避的成分からなり、フェライトとマルテンサイトで構成され、フェライト占積率が70%以上であり、かつ、コイル内のその占積率変動が10%以内であるミクロ組織を有し、降伏比YR(%)が70以下であり、かつ、コイル内のYRの変動が10未満、引張強さTS(kgf/mm<sup>2</sup>)の変動が10未満であることを特徴とする熱延連続化プロセスにより製造した耐久疲労性に優れた低降伏比型熱延高強度鋼板。

【0012】(3) 重量で、C : 0.05~0.15%、Si : 0.1~1.5%、Mn : 0.5~2.0%、P ≤ 0.020%、S ≤ 0.010%、Cr : 0.01~0.30%とA1を含み、残部Feおよび不可避的成分からなり、フェライトとマルテンサイトで構成され、フェライト占積率が70%以上であり、かつ、コイル内のその占積率変動が10%以内であるミクロ組織を有し、降伏比YR(%)が70以下であり、かつ、コイル内のYRの変動が10未満、引張強さTS(kgf/mm<sup>2</sup>)の変動が10未満であることを特徴とする熱延連続化プロセスにより製造した耐久疲労性に優れた低降伏比型熱延高強度鋼板。

【0013】(4) 重量で、C : 0.05~0.15%、Si : 0.1~1.5%、Mn : 0.5~2.0%、P ≤ 0.020%、S ≤ 0.010%、Cr : 0.01~0.30%とA1を含み、これに加えてCa : 0.0005~0.0050%、REM : 0.005~0.015%のうち何れか1種または2種が添加され、残部Feおよび不可避的成分からなり、フェライトとマルテンサイトで構成され、フェライト占積率が70%以上であり、かつ、コイル内のその占積率変動が10%以内であるミクロ組織を有し、降伏比YR(%)が70以下であり、かつ、コイル内のYRの変動が10未満、引張強さTS(kgf/mm<sup>2</sup>)の変動が10未満であることを特徴とする熱延連続化プロセスにより製造した耐久疲労性に優れた低降伏比型熱延高強度鋼板。

【0014】(5) 重量で、C : 0.05~0.15%、Si : 0.1~1.5%、Mn : 0.5~2.0%

%、P ≤ 0.020%、S ≤ 0.010%とA1を含み、これに加えてCa : 0.0005~0.0050%、REM : 0.005~0.015%のうち何れか1種または2種が添加され、残部Feおよび不可避的成分からなり、フェライトとマルテンサイトで構成され、フェライト占積率が70%以上であり、かつ、コイル内のその占積率変動が10%以内であるミクロ組織を有し、降伏比YR(%)が70以下であり、かつ、コイル内のYRの変動が10未満、引張強さTS(kgf/mm<sup>2</sup>)の変動が10未満であることを特徴とする熱延連続化プロセスにより製造した耐久疲労性に優れた低降伏比型熱延高強度鋼板。

【0015】(6) 重量で、C : 0.05~0.15%、Mn : 0.5~2.0%、P ≤ 0.020%、S ≤ 0.010%、Cr : 0.01~0.30%とA1を含み、これに加えてCa : 0.0005~0.0050%、REM : 0.005~0.015%のうち何れか1種または2種が添加され、残部Feおよび不可避的成分からなり、フェライトとマルテンサイトで構成され、フェライト占積率が70%以上であり、かつ、コイル内のその占積率変動が10%以内であるミクロ組織を有し、降伏比YR(%)が70以下であり、かつ、コイル内のYRの変動が10未満、引張強さTS(kgf/mm<sup>2</sup>)の変動が10未満であることを特徴とする熱延連続化プロセスにより製造した耐久疲労性に優れた低降伏比型熱延高強度鋼板。

【0016】(7) 重量で、C : 0.05~0.15%、Si : 0.1~1.5%、Mn : 0.5~2.0%、P ≤ 0.020%、S ≤ 0.010%とA1を含み、残部Feおよび不可避的成分からなる鋼片を、熱延連続化プロセスにより820~900°Cで仕上圧延を終了し、30°C/sec以上の冷却速度で760~600°Cの温度域まで冷却し、この温度域で3~15秒の間空冷または保持した後、この温度域から200°C以下の温度域まで30°C/sec以上の冷却速度で冷却することによって、フェライトとマルテンサイトの複合組織を生成させることを特徴とする熱延連続化プロセスによる耐久疲労性に優れた低降伏比型熱延高強度鋼板の製造方法。

【0017】(8) 重量で、C : 0.05~0.15%、Si : 0.1~1.5%、Mn : 0.5~2.0%、P ≤ 0.020%、S ≤ 0.010%とA1を含み、残部Feおよび不可避的成分からなる鋼片を1170°C以下に加熱し、熱延連続化プロセスにより820~900°Cで仕上圧延を終了し、30°C/sec以上の冷却速度で760~600°Cの温度域まで冷却し、この温度域で3~15秒の間空冷または保持した後、この温度域から200°C以下の温度域まで30°C/sec以上の冷却速度で冷却することによって、フェライトとマルテンサイトの複合組織を生成させることを特徴とする熱延

連続化プロセスによる耐久疲労性に優れた低降伏比型熱延高強度鋼板の製造方法。

【0018】(9) 重量で、C: 0.05~0.15%、Mn: 0.5~2.0%、P≤0.020%、S≤0.010%、Cr: 0.01~0.30%とA1を含み、残部Feおよび不可避的成分からなる鋼片を、熱延連続化プロセスにより820~900°Cで仕上圧延を終了し、30°C/sec以上の冷却速度で760~600°Cの温度域まで冷却し、この温度域で3~15秒の間空冷または保持した後、この温度域から200°C以下の温度域まで30°C/sec以上の冷却速度で冷却することによって、フェライトとマルテンサイトの複合組織を生成させることを特徴とする熱延連続化プロセスによる耐久疲労性に優れた低降伏比型熱延高強度鋼板の製造方法。

【0019】(10) 重量で、C: 0.05~0.15%、Si: 0.1~1.5%、Mn: 0.5~2.0%、P≤0.020%、S≤0.010%、Cr: 0.01~0.30%とA1を含み、残部Feおよび不可避的成分からなる鋼片を、熱延連続化プロセスにより820~900°Cで仕上圧延を終了し、30°C/sec以上の冷却速度で760~600°Cの温度域まで冷却し、この温度域で3~15秒の間空冷または保持した後、この温度域から200°C以下の温度域まで30°C/sec以上の冷却速度で冷却することによって、フェライトとマルテンサイトの複合組織を生成させることを特徴とする熱延連続化プロセスによる耐久疲労性に優れた低降伏比型熱延高強度鋼板の製造方法。

【0020】(11) 重量で、C: 0.05~0.15%、Si: 0.1~1.5%、Mn: 0.5~2.0%、P≤0.020%、S≤0.010%、Cr: 0.01~0.30%とA1を含み、残部Feおよび不可避的成分からなる鋼片を1170°C以下に加熱し、熱延連続化プロセスにより820~900°Cで仕上圧延を終了し、30°C/sec以上の冷却速度で760~600°Cの温度域まで冷却し、この温度域で3~15秒の間空冷または保持した後、この温度域から200°C以下の温度域まで30°C/sec以上の冷却速度で冷却することによって、フェライトとマルテンサイトの複合組織を生成させることを特徴とする熱延連続化プロセスによる耐久疲労性に優れた低降伏比型熱延高強度鋼板の製造方法。

【0021】(12) 前記(7)ないし(11)の何れかに記載の鋼が重量%で、さらにCa: 0.0005~0.0050%、REM: 0.005~0.015%のうち何れかを含有することを特徴とする熱延連続化プロセスによる耐久疲労性に優れた低降伏比型熱延高強度鋼板の製造方法。

(13) 前記(7)ないし(12)の何れかに記載の仕上圧延機での平均仕上圧延速度を300m/min超、かつコイル内仕上圧延速度差を100m/min未満としたこと

を特徴とする熱延連続化プロセスによる耐久疲労性に優れた低降伏比型熱延高強度鋼板の製造方法。

(14) 前記(7)ないし(13)の何れかに記載の仕上圧延機でのコイル内仕上圧延温度差を100°C未満としたことを特徴とする熱延連続化プロセスによる耐久疲労性に優れた低降伏比型熱延高強度鋼板の製造方法。

【0022】

【発明の実施の形態】本発明は前記特公平7-74377号で提示した鋼板の圧延を熱延連続化プロセスで行うことの目的とし、それにより従前の圧延法で発生していた鋼板の先・後端部の表面品位、形状品位、材質品位の劣化を回避すると共に、鋼板定常部を含む鋼板コイル内での材質のバラツキを防ぐところにその主眼がある。

【0023】以下、本発明の構成要件について説明を行う。まず、本発明での各成分の添加理由について述べる。Cは前記複合組織を経て強度を確保するため下限を設け、溶接性、延性の劣化を防ぎ、第2相分率の過大化を防止するため上限を設けている。Siはフェライト粒の純化を行いオーステナイトへCを濃化させ炭化物生成を抑制して前記した複合組織を得るため添加しており、その効果の飽和による経済性から上限を設定している。特に良好な表面性状が鋼板に要求される場合はSiの含有量を不可避的に混入する量に止め、Siに期待している複合組織の生成効果の不足分をCrの限定添加量の範囲でCrに転化する。Mnは焼き入れ性の確保の点から下限を設け、第2相分率の過大化と溶接性、延性への悪影響の防止のため上限を設定している。

【0024】Pは溶接性、加工性、韌性、2次加工性の劣化防止から上限を設定している。ただし、鋼板表面のスケール疵(赤スケール)防止の観点からは0.010~0.020%が好ましい。Sは穴広げ性の向上(介在物の低減)から上限を設定している。Crは焼き入れ性を高め、前記した複合組織化を促進するため下限を設け、経済性、C濃化に必要なフェライト変態量の確保から上限を設定している。ただしSiを0.1%以上含み、複合組織の生成を含んでその作用をSiに託せる時はCrを添加しなくても良く、Crの無添加は経済的にも有利である。また、複合組織の生成効果を円滑に高めかつ安定させるには、SiとCrの両者の複合添加を行う。

【0025】Ca, REMは介在物の球状化、穴広げ性の向上から添加量の範囲を設定している。また、この種の鋼材は連続鋳造方法を用いるので、溶鋼の脱酸は必須で、この脱酸にはA1を使用しており、その添加量は通常脱酸効果の確保のため下限を0.005%程度、脱酸効果の飽和に基づく経済性から上限は0.05%程度で、本発明でもA1は前記理由から不可避的に添加している。

【0026】次に、本発明でのミクロ組織の限定理由について述べる。材質変動を抑えるためにはミクロ組織の

均一性が重要であり、YR(%)の変動を10未満とし、TS(kgf/mm<sup>2</sup>)の変動を10未満とするためには、フェライト占積率の変動を10%以内とすることが必要である。また、YRを70以下とするためには、フェライト占積率を70%以上とすることが必要である。さらに、加工フェライトやベイナイトは5%未満とすることが必要である。また本発明においては、熱延鋼板でのコイル内での材質変動は小さい程好ましいことは云うまでもないが、これらは何れも下記に述べる熱延連続化プロセスを実施することによって達成されるものである。

【0027】そこで次に、本発明の熱延連続化プロセスを工程順にその特徴部分と、その効果および熱延条件の限定理由について以下に説明する。図1は本発明を実施するための設備配置の一例を示した図であり、まず、加熱炉でのスラブ加熱であるが、鋼片の加熱温度が1170°Cを超えると、含有Siが0.1%以上の時は、ファヤライト(Fayalite)つまり(2FeO·SiO<sub>2</sub>)の生成によるSiスケールにより表面性状の劣化が避けられないで、より高い疲労限度比を必要とする時は、加熱は鋼片温度が1170°C以下になる加熱温度を用いるか、鋼片温度を1170°C以上とした後Siスケールを溶剤除去するとよい。

【0028】溶接用シャーにおいて、先・後端部を切断された粗バーは溶接装置(溶接装置については特に限定されないので、ここでは触れない。また、接合方法についても種々の方法が考えられるが、レーザー溶接方法が好ましい)により先行材の後端部と後行材の先端部が接合され仕上圧延機で圧延されるため、最初の粗バーの先端部と最後の粗バーの後端部を除いた部分は、仕上圧延において圧延端のない圧延ができる。また、仕上圧延機までの間も粗バーには速度の変化がなく一定速度で走行し、コイルにかかる張力も絶えず安定している。

【0029】さらに、仕上圧延速度を高速(300m/min超)かつ変動小(100m/min未満)とすることができるため、圧延温度等の熱延条件の変動(コイル内仕上温度差等)も小さくでき、コイル全長における仕上温度差を100°C未満(好ましくは50°C未満)とすることができます。最適な熱延仕上温度は、820°C以上900°C以下である。圧延終了温度が820°C未満では表層粗大フェライト粒と混粒のため、高い疲労限度比が得られず900°C超では粒径が粗くなるため高い疲労限度比が得られない。圧延終了温度が本発明で規定する温度範囲であれば、表層に粗大フェライト粒と混粒がなく、かつ整粒層の粒径が細かく、疲労限度比は優れた値を示すことができる。

【0030】また、仕上スタンド間のオーステナイト領域での圧延で鋼板の先・後端部を含めて張力のバラツキを一定範囲以内に収めることができるようになり、さらに、冷却床においても同様に冷却中に張力の変動を抑え

ることができる。この位置は温度的に丁度鋼のオーステナイトからフェライトへの変態が起る部位に該当するので、変態が張力均一のなかで進行し、均一性の高い組織となり、材質的観点からはバラツキのない安定した成品が得られる。なお、必要張力の下限は仕上圧延機内が0.1kgf/mm<sup>2</sup>以上、ランナウトテーブル(ROT)内が0.5kgf/mm<sup>2</sup>以上である。

【0031】また、圧延速度を増加することができるため圧延中に高歪速度を与えることができ、鋼の変態前のオーステナイト結晶中に高速圧延のため短時間で大きな歪の付与ができる、組織の微細化を通じて、材質品位の向上に寄与する。なお、必要歪速度の下限は40(sec<sup>-1</sup>)である。さらにまた、従前は1スラブ単位の圧延であったがため、コイル先端部がコイラで巻取りを開始するまでは、仕上圧延機を抜け出たコイル先端部は無張力のまま冷却床を走り抜けるため、コイル先端部上下は大きく波打ち状態となり、特に薄鋼板については冷却床において冷却水の散布によるむらのない冷却を行うことはできなかった。

【0032】また、後端部においても同様仕上圧延機を抜けると張力が加わらず同様の処置を取らざるを得ず、これらの部分は材質的にみてコイル中央部に比し材質品位の劣化は避けられず成品歩留りの低下となっていた。本発明においては、巻取機前にピンチロールの配設および鋼板切断用の高速シャーを設置することにより、仕上圧延機とピンチロール間で一定の張力を付与することができるとなり、上記の不都合な事態を回避できると共にコイル全長にわたってのむらのない水冷化が採用でき、コイル内での材質のバラツキの小さい成品を得ることができるようになった。巻取温度については、200°C超では第2相中にベイナイトが混入し、高い疲労限度比が得られない。

【0033】また、圧延後の急速冷却は本発明で規定した30°C/sec以上の冷却速度で760~600°Cの温度域まで冷却し、この温度域で3~15秒の間空冷または保持した後、この温度域から200°C以下の温度域まで30°C/sec以上の冷却速度で冷却するもので、圧延後の冷却速度が前記した下限を割るとフェライト粒径および第2相粒径が粗大化し、目標の疲労限度比が得られず、また空冷・保持時間が前記した下限を割るか、空冷・保持温度域が前記した上限・下限を外れるか、空冷・保持後の急速冷却速度が前記した下限を割ると第2相にベイナイトが混入して目標の疲労限度比が得られず、また空冷・保持時間が前記した上限を超えるとフェライト粒径および第2相粒径が粗大化して目標の疲労限度比が得られない。

【0034】本発明において、コイル内の材質の変動量を規制したが、これらの値は当然少ない方が鋼板を使用する需要家からみて好ましい。しかし、従前の圧延法では前述のようにこのバラツキは避け得なかった。本発明

では、最近の鋼板製造技術の急速な進歩に伴い、鋳片での偏析の改善、圧延での制御圧延の向上と相まって熱延連続化プロセスを採用することにより、これらコイル内の材質の変動を極く小さい範囲内に抑制することができるようになったものであり、それぞれの材質特性上での限界値は連続圧延プロセスの実施によって得られた実績からその許容範囲を導き出したものである。この結果によって、需要家においては同一コイル内ではどの位置に該当する鋼板であっても、その部位を配慮することなくバラツキの少ない均一な材質の鋼板の使用が可能となった。

【0035】以上、本発明のプロセス上での特徴部分の説明とそれによってもたらされる効果についての説明を行ったが、本発明においては従前の工程によって得られ

る鋼板に比し最も大きな効果の違いは本発明を実施することによって、鋼板の品質特性のバラツキ、すなわちコイル内のバラツキが著しく低下し、均一で安定した材質の成品が得られるところに大きな意義を有する。

#### 【0036】

【実施例】以下、本発明における前述の効果を実施例によって具体的、かつ、詳細に説明する。本発明は先に述べたように、コイル内での材質変動が少ないところに特徴を有するので、その点を明らかにするため特公平7-74377号のうち5鋼種を選んで供試材としたのでその化学組成を表1に示した。

#### 【0037】

【表1】

供試材化学成分(wt%)									
鋼種	C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	Ca	REM
A	0.07	1.10	1.20	0.015	0.002	0.015	—	—	0.005
B	0.08	1.00	1.18	0.014	0.003	0.020	0.09	0.0036	—
C	0.08	0.07	1.30	0.010	0.002	0.012	0.10	—	—
D	0.05	1.40	1.30	0.015	0.001	0.023	—	—	—
E	0.13	0.40	1.00	0.011	0.003	0.024	0.20	—	—

【0038】この5種の鋼種から鋳造されたスラブを本発明によって表2に示す条件で鋼板に圧延し、圧延された成品について各鋼種毎にコイル1~2本（ただし、最先端、最後端コイル以外）を鋼種および圧延条件に応じて抽出し、コイル全長から5個所（非定常部に該当する先・後端部および定常部に該当する中央部から均等距離

を置いた3個所の部分）から試料を採取した。なお、表2中張力1とあるのは仕上圧延機内の張力で、張力2とあるのはROT上での張力を表わしている。

#### 【0039】

【表2】

鋼種	圧延条件件												
	コイルNo.	加熱温度(°C)	接合有無	平均仕上圧延温度(°C)	コイル内仕上温度差 <sub>max</sub> (°C)	平均仕上圧延速度(m/min)	コイル内仕上速度差 <sub>max</sub> (m/min)	張力1 張力2(kg/mm <sup>2</sup> )	冷却速度 <sub>1</sub> (°C/sec)	温度1(°C)	保持時間(sec)	冷却速度 <sub>2</sub> (°C/sec)	温度2(°C)
実施例	A	1	1200	有	870	30	500	50	0.3~2.0/1.0~2.0	50	695	5	55 100
		2	1150	有	870	30	500	50	0.3~2.0/1.0~2.0	55	695	5	50 100
	B	1	1160	有	870	20	600	30	0.5~2.5/1.0~2.0	60	690	6	55 100
	C	1	1200	有	870	10	700	90	0.5~2.5/1.0~2.0	45	700	6	55 100
	D	1	1160	有	865	20	550	30	0.5~2.0/1.0~2.0	50	660	4	55 100
	E	1	1200	有	875	10	500	30	0.5~2.0/1.0~2.0	45	710	7	50 100
比較例	A	1	1200	無	870	90	400	300	0~3.5/0~2.5	50	695	5	55 100
		2	1150	無	870	90	400	300	0~3.5/0~2.5	55	695	5	50 100
	B	1	1160	無	870	70	350	150	0~3.5/0~2.5	60	690	6	55 100
	C	1	1200	無	870	80	400	150	0~3.5/0~2.5	45	700	6	55 100
	D	1	1160	無	865	100	400	200	0~3.5/0~2.5	50	660	4	55 100
	E	1	1200	無	875	110	300	150	0~3.5/0~2.5	45	710	7	50 100

注1. 冷却速度<sub>1</sub>：圧延後760~600°Cまでの冷却速度注2. 温度<sub>1</sub>：圧延後に冷却した温度注3. 冷却速度<sub>2</sub>：空冷または保持後からの冷却速度注4. 温度<sub>2</sub>：最終冷却温度

【0040】この試料について材質およびミクロ組織の調査をそれぞれ行い、コイル内での材質特性を表3にミクロ組織を表4に示した。また、比較のために従来方法で圧延した先願の特公平7-74377号の鋼板についても同様に表2に圧延条件を表3に材質の調査結果を表

4にミクロ組織を示した。なお、表中△とあるのはコイル内の変動（バラツキ）を示したもので最大値-最小値で表わした。

## 【0041】

【表3】

鋼種	機械的性質																			
	コイルNo.	コイル内T・S(kgf/mm <sup>2</sup> )						コイル内YR(%)					コイル内 $\sigma_w / \sigma_b$							
		1	2	3	4	5	△	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	△		
実施例	A	1	66	64	64	63	61	5	65	63	62	62	60	5	0.520	0.529	0.540	0.528	0.521	0.020
		2	65	64	63	63	60	5	66	62	63	63	61	5	0.530	0.530	0.550	0.529	0.530	0.021
	B	1	67	65	64	64	62	5	67	65	65	64	62	5	0.520	0.525	0.540	0.523	0.521	0.020
	C	1	63	60	60	61	60	3	69	66	66	65	63	6	0.520	0.530	0.540	0.522	0.522	0.020
	D	1	69	66	67	67	64	5	68	66	65	65	63	5	0.521	0.520	0.550	0.523	0.522	0.030
	E	1	73	70	70	71	68	5	69	67	66	67	62	7	0.520	0.522	0.540	0.522	0.521	0.020
比較例	A	1	71	66	65	64	60	11	75	65	63	64	72	12	0.410	0.523	0.520	0.522	0.450	113
		2	70	63	64	65	60	10	76	65	64	63	71	13	0.411	0.524	0.522	0.520	0.453	113
	B	1	72	65	66	64	61	11	80	64	65	66	75	15	0.420	0.522	0.521	0.520	0.440	112
	C	1	68	62	61	63	57	11	78	66	67	68	72	12	0.400	0.521	0.520	0.522	0.410	122
	D	1	78	67	69	70	68	10	77	67	66	65	71	12	0.430	0.525	0.529	0.526	0.445	99
	E	1	76	72	71	70	66	10	80	69	68	67	74	13	0.400	0.520	0.521	0.523	0.420	123

## 【0042】

【表4】

鋼種	コイルNo	コイル内フェライト占積率(%)					
		1	2	3	4	5	△
実例	A 1	86	88	90	90	91	5
	A 2	87	89	91	91	92	5
	B 1	86	88	90	91	91	5
	C 1	75	77	80	80	81	6
	D 1	86	89	90	89	91	5
比較例	E 1	70	73	72	75	73	5
	A 1	68	76	88	85	89*	21
	A 2	69	77	89	86	90*	21
	B 1	64	83	88	86	89*	25
	C 1	56	79	78	80	79*	24
例	D 1	69	87	88	90	89*	21
	E 1	55	76	70	75	71*	21

\*は5%以上の加工フェライトを含む

【0043】表3、4から明らかなように、本発明によれば全ての材質特性、ミクロ組織においてコイル内変動幅が少なくなっており、均一で安定した材質の鋼板が得られていることがわかる。

#### 【0044】

【発明の効果】本発明によれば熱間圧延鋼板のコイル内での材質のバラツキが小さく、従来切捨てまたは格落ちになっていたコイル先・後端部分も成品として採用でき、同一コイル内での材質上の均一性が確保され、鋼板

の使用に際して材質的な不良品の発生を心配するがなくなった。また、鋼板先・後端部の切捨て量が低減したため、歩留り面からは大きな向上がみられ、さらには鋼板巻取後の巻戻し精整工程を省略できる等多くの効果が得られた。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明を実施するための設備配置の一例を示す図

#### 【図1】

